

Перевірка ланцюгів захисту трансформаторів струмом короткого замикання від стороннього джерела

Якщо навантаження на трансформаторі відсутнє або недостатнє для перевірки правильності включення струмових ланцюгів, слід застосовувати інші способи перевірки, наприклад метод перевірки струмових ланцюгів струмами КЗ від стороннього джерела.

Достатньо великий первинний струм для перевірки захисту може бути отриманий встановленням з однією із сторін трансформатора трифазної закоротки і подачею з іншого боку зниженої напруги. При цьому струм, що протікає через трансформатор, буде рівний:

$$I_{кз} = \frac{U_n}{\sqrt{3}(z_c + z_{mp})}; \quad (1)$$

де U_n - лінійна напруга живлячої мережі на вводах трансформатора, що перевіряється;

z_c - опір джерела живлення до виводів силового трансформатора, захист якого перевіряється, зведений до напруги джерела живлення (Ом/фазу);

z_{mp} - опір трансформатора, що перевіряється, який визначається з наступного виразу:

$$z_{mp} = \frac{U_{к\%} \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n}, \quad (2)$$

де U_n - номінальна напруга обмотки трансформатора, до якої подається живлення, кВ;

S_n - номінальна потужність трансформатора, МВА.

Для того, щоб при перевірці не перевищити номінального струму трансформатора, що перевіряється, необхідно дотримувати наступної умови:

$$U_{живл} \leq \frac{U_{к\%} \cdot U_n}{100}. \quad (3)$$

При перевірці від великого джерела живлення струм можна визначати за спрощеною формулою, не враховуючи z_c :

$$I_{кз} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot z_{mp}}; \quad (4)$$

Як джерело живлення при випробуванні захисту струмом короткого замикання може використовуватися генератор, що працює зі зниженим струмом збудження, або трансформатор власних потреб.

Нижче наводиться приклад розрахунку струму в обмотках і в ланцюгах диференціального захисту трансформатора, що випробовується струмом короткого замикання при живленні від допоміжного трансформатора.

Приклад 1. Для перевірки диференціального захисту трансформатора ТДНС - 10000 кВА, $36,75 \pm 8 \times 1,5 / 10,5$ кВ. $U_{к. ср} = 7,84\%$, $U_{к. мин} = 7,53\%$, $U_{к. макс} = 8,52\%$.

$I_{ном.вн} = 157,3 \text{ А}$; $I_{ном.нн} = 550,5 \text{ А}$ з схемою з'єднання Y/Δ - 11 використовується трансформатор ТМ - 400кВА, $10,5 \pm 5\%$ / 0,4 кВ, 22,02 / 578 А, $U_k = 4,5 \%$. Схема приведена на рис.1.

Диференціальний захист, що перевіряється, включений на трансформатори струму 300/5 А з боку 35 кВ і 600/5 А з боку 10,5 кВ.

З виразу (3) напруга живлення для отримання у трансформатора, що перевіряється, номінального струму короткого замикання при встановленні закоротки на стороні 10,5кВ повинна бути:

$$U_{\Pi} \leq 7,84/100 \cdot 36,75 = 2,88 \text{ кВ.} \quad (5)$$

При встановленні закоротки на стороні 35 кВ:

$$U_{\Pi} \leq 7,84/100 \cdot 10,5 = 0,8232 \text{ кВ} = 823 \text{ В.} \quad (6)$$

Отже, закоротка встановлюється на стороні 35 кВ, а на обмотку 10,5 кВ подається живлення 380 В від трансформатора 400 кВА. При цьому по обмотці 10,5 кВ трансформатора, що перевіряється, і по обмотці 0,4кВ допоміжного трансформатора проходить струм:

$$I_{10,5} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (z_{mp1} + z_{mp2}) \cdot n_{mp}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot (12,4 + 595,35) \cdot \frac{10,5}{0,4}} = 262,24 \text{ А} \quad (7)$$

де $z_{mp1} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{10} = 12,4 \text{ Ом}$ – опір допоміжного трансформатора, зведений до сторони 10,5 кВ;

$$z_{mp2} = \frac{7,84}{100} \cdot \frac{10,5^2}{10} \left(\frac{10,5}{0,4} \right)^2 = 595,35 \text{ Ом} – \text{опір трансформатора, що перевіряється, зведений до сторони 10,5 кВ допоміжного трансформатора:}$$

n_{mp} – коефіцієнт трансформації допоміжного трансформатора.

Струм на стороні 35 кВ:

$$I_{35} = \frac{262,24 \cdot 10,5}{36,75} = 74,93 \text{ А.} \quad (8)$$

Вторинні струми в ланцюгах захисту на стороні 10,5 кВ:

$$I_{10,5} = 262,24 / 600/5 = 2,185 \text{ А.} \quad (9)$$

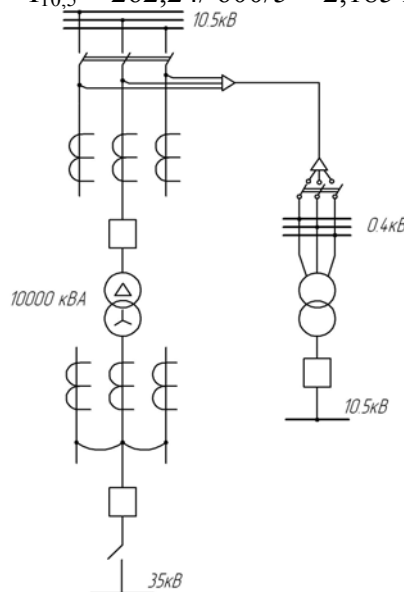


Рисунок 1 – Схема перевірки струмових ланцюгів диференціального захисту трансформаторів струмом КЗ від ТВП

На стороні 35 кВ:

$$I_{35} = \frac{74,93}{300/5} \cdot \sqrt{3} = 2,16 A. \quad (10)$$

Отримані вторинні струми достатні для перевірки захисту.

При перевірці захисту струм, що протікає через допоміжний трансформатор (262,24 А) нижче за його номінальний струм, тому використання даного допоміжного трансформатора допустиме.

Приклад 2. Для перевірки диференціального захисту трансформатора 25000кВА, 158 ± 8х1,5%/38,5±2х2,5/11 кВ; 91,46/375,35/1313,72 А; $U_{к.вс}= 10,5\%$; $U_{к.вн}=18\%$; $U_{к.сн}=6\%$ з схемою з'єднання Y/Y/Δ-12—11 використовується трансформатор 250 кВА, 10,5±5%/0,4кВ, 13,5/361,27 А, $U_{к}= 5,5\%$. Схема випробування приведена на рис.2 і 3. Диференціальний захист, що перевіряється, включений на трансформатори струму 200/5 з боку 158кВ, 600/5 з боку 38,5 кВ і 1500/5 з боку 11 кВ.

Для того, щоб при перевірці не перевищити номінального струму трансформатора, що перевіряється, необхідно дотримуватись наступних умов:

при встановленні закоротки не стороні 158 кВ і подачі напруги на сторону 38,5кВ:

$$U_{п} \leq 38,5 = 4,04 \text{ кВ} \quad (11)$$

при встановленні закоротки на стороні 11 кВ і подачі живлення на сторону 38,5кВ:

$$U_{п} \leq \frac{6}{100} \cdot 38,5 = 2,31 \text{ кВ}. \quad (12)$$

Закоротку по чергово встановлюють на сторонах 158 і 11 кВ:

- 1) Закоротка встановлена на стороні 158кВ, живлення подається на сторону 38,5 кВ, рис.2.

При подачі на обмотку 38,5 кВ $U_{п} = 4,04$ кВ на обмотці буде струм рівний номінальному 375,35 А, а при подачі напруги 0,4 кВ – X А тоді з пропорції визначаємо:

$$\begin{aligned} & 4,04\text{кВ} - 375,35\text{А}, \\ & 0,4\text{кВ} - X \text{ А}, \\ & X = \frac{0,4 \cdot 375,35}{4,04} = 37,16\text{А}. \end{aligned} \quad (13)$$

Таким чином на стороні 0,4кВ допоміжного трансформатора і по обмотці 38,5кВ трансформатора 25 МВА буде протікати струм 37,16А

Вторинний струм в ланцюгах захисту на стороні 38,5кВ:

$$I_{вт. 38,5} = \frac{37,16 \cdot \sqrt{3}}{600/5} = 0,536\text{А}. \quad (14)$$

На стороні 158 кВ протікатиме струм:

$$I_{пер.158} = \frac{38,5}{158} \cdot 37,16 = 9,055\text{А}. \quad (15)$$

Вторинний струм в ланцюгах захисту на стороні 158кВ:

$$I_{втор. 158} = \frac{9,055 \cdot \sqrt{3}}{200/5} = 0,39\text{А}. \quad (16)$$

Цей струму цілком достатньо для зняття векторної діаграми струмів диференціального захисту.

- 2) Закоротка встановлюється на стороні 11 кВ трансформатора (рис.3):

При подачі на обмотку 38,5 кВ $U_{п} = 2,31$ кВ на обмотці буде струм рівний номінальному 375,35 А, а при подачі напруги живлення 0,4кВ—X А. З пропорції визначаємо:

$$\begin{aligned} & 2,31 \text{ кВ} - 375,35\text{А}, \\ & 0,4\text{кВ} - X \text{ А}, \end{aligned}$$

$$X = \frac{0,4 \cdot 375,35}{2,31} = 64,99 A. \quad (17)$$

Таким чином по стороні 0,4кВ допоміжного трансформатора і по обмотці 38,5 кВ трансформатора 25МВА протікатиме струм 64,99А.

Вторинний струм в ланцюгах захисту на стороні 38,5кВ

$$I_{вт. 38,5} = \frac{64,99 \cdot \sqrt{3}}{600 / 5} = 0,937 A. \quad (18)$$

На стороні 11кВ протікатиме струм:

$$I_{пер.11} = \frac{38,5}{11} \cdot 64,99 = 227,465 A. \quad (19)$$

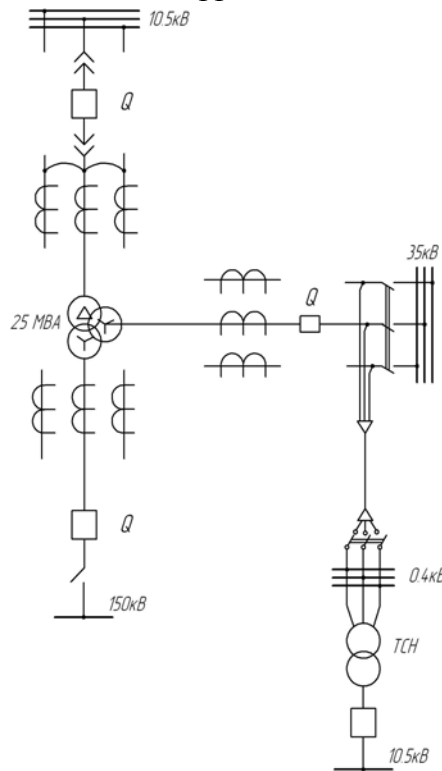


Рисунок 2 – Схема перевірки струмових ланцюгів диференціального захисту триобмоткового трансформатора струмом КЗ від ТВП. Закоротка встановлена на стороні НН

Вторинний струм в ланцюгах захисту на стороні 11кВ:

$$I_{вт. 11} = \frac{227,465 \cdot \sqrt{3}}{1500 / 5} = 1,31 A. \quad (20)$$

Цей струму цілком достатній для зняття векторної діаграми диференціального захисту, а також інших струмових захистів і вимірювальних приладів.

Вказані методи перевірки струмових ланцюгів захисту можуть бути застосовані, якщо для проведення випробувань виділяється допоміжний трансформатор і є кабелі з достатнім поперечним перетином. Прокладка кабелів і встановлення закоротки на великий струм є трудомісткими операціями. Тому представляє інтерес пропозиція інж. Ф.Л.Когана, що рекомендує проводити перевірку правильності включення струмових ланцюгів диференціального захисту малими струмами короткого замикання, що отримуються шляхом подачі на виводи вищої напруги випробовуваного трансформатора напруги 380 В. Оскільки струм на стороні вищої напруги випробовуваного трансформатора порівняно невеликий, то живлення подається безпосередньо від близько розташованої збірки. Закоротка встановлюється, як завжди, поза зоною захисту з боку

нижчої напруги силового трансформатора. На триобмоткових трансформаторах закоротки доцільно встановлювати одночасно на двох сторонах.

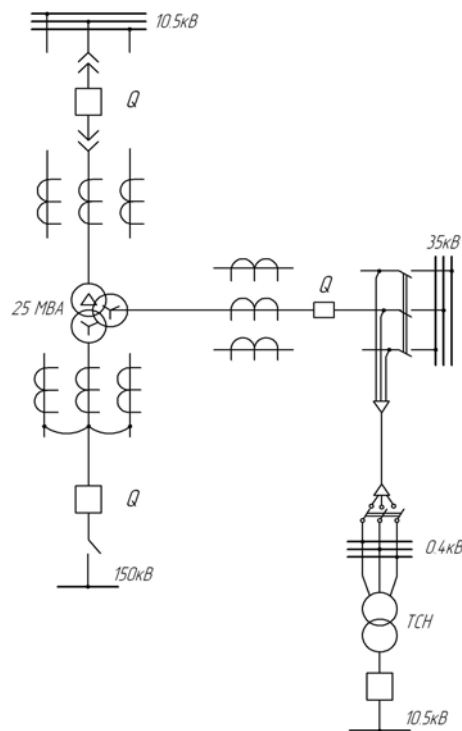


Рисунок 3 – Схема перевірки струмових ланцюгів диференційного захисту триобмоткового трансформатору струмом КЗ від ТВП. Закоротка встановлена на стороні ВН

Векторна діаграма, що є основним документом, підтверджуючим правильність збірки струмових ланцюгів, знімається почерговою подачею струмів від всіх плечей захисту за допомогою вольтамперфазоіндикатора типу ВАФ-85 (при струмах 0,05 А і вище). Для підвищення чутливості приладів можна збільшити струм, що підводиться до них, за допомогою проміжних трансформаторів струму типу І-54. Чутливість приладу ВАФ-85 може бути підвищена шляхом обмотування зв'язаного магнітопроводу вимірювальних кліщів декількома витками допоміжного проводу (провід може намотуватися до заповнення вікна, але так, щоб магнітопровід кліщів не розмикався). Покази приладу при цьому збільшуються пропорційно числу намотаних витків проводу, що включається в розсічку струмового ланцюга на вимірювальних затисках.

Напруга, що використовується для зняття векторної діаграми, повинна бути синхронною і мати те ж чергування фаз, що і напруга в первинному ланцюзі. Попередній розрахунок очікуваних первинних і вторинних струмів проводиться так само, як і в попередніх випадках.

Список літератури

1. Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты.-М.: «Энергия», 1977.
2. М.А.Беркович, В.А.Семёнов. Основы техники релейной защиты.- М.: «Энергия», 1971.
3. Общая инструкция по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей.- М.: Энергия, 1975.